

PERANAN KUALITAS BAHAN BAKAR BENSLIN TERHADAP KINERJA MESIN, KONSUMSI BAHAN BAKAR, TINGKAT KERUSAKAN MESIN DAN PENCEMARAN UDARA LINGKUNGAN

Oleh

Ir. Bustani Mustafa, M.Sc

Abstrak

Pengembangan dan perbaikan desain motor bensin langsung mempengaruhi tingkat mutu bahan bakarnya. Dari hasil penelitian ternyata bahwa peningkatan perbandingan kompresi mesin dan penyempurnaan bentuk ruang bakar dan sistem gas buang dapat langsung meningkatkan kinerja mesin dan mengurangi pencemaran udara akibat emisi gas buang mesin. Perbaikan desain dan konstruksi motor bensin harus disertai dengan penyesuaian mutu bahan bakar yang digunakan. Mutu bensin yang tidak sesuai dengan kebutuhan konstruksi mesin dapat mengakibatkan kerusakan, kehilangan kinerja mesin, boros bahan bakar serta meningkatkan pencemaran udara akibat gas buang mesin.

1. Pendahuluan

Minyak bumi merupakan faktor penting dalam menunjang pembangunan nasional yang berkesinambungan, karena sumber daya alam ini merupakan sumber energi utama sebagai bahan bakar di bidang transportasi dan industri. Di samping itu minyak bumi diekspor ke berbagai negara untuk memperoleh devisa negara.

Oleh karena itu pemakaian minyak bumi sebagai bahan bakar harus dihemat. Salah satu produk yang dihasilkan dari minyak bumi ialah bensin yang cukup dikenal dan banyak digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor di Indonesia.

Akhir-akhir ini timbul masalah yang dirasakan di Indonesia antara lain meningkatnya pemakaian bensin rata-rata sekitar 6,79% per tahun. Pada periode tahun 1995/99 PERTAMINA telah memproduksi bensin sejumlah 11,8 juta kiloliter/tahun dalam upaya mencukupi konsumsi dalam negeri (Tabel 1). Jika pemborosan bahan bakar

dalam negeri tidak dapat dikendalikan dapat meningkatkan impor bahan bakar dan mengakibatkan menipisnya ekspor minyak bumi ke negara lain, dan menaikkan subsidi pemerintah terhadap bahan bakar, di samping itu dapat mengurangi pendapatan devisa negara.

Perkembangan teknologi pembuatan bensin berkaitan langsung dengan perkembangan teknologi mesin serta dampaknya terhadap pencemaran udara lingkungan, sehingga usaha perbaikan desain mesin dan mutu bensin terus menerus ditingkatkan. Setelah pertengahan abad ke-20 mulailah dirasakan perlunya kajian mengenai dampaknya terhadap lingkungan hidup, sehingga terjadi perubahan filosofi mengenai rancangan mesin.

Semenjak saat itu dimulailah penelitian oleh negara-negara industri maju yang diupayakan perbaikan rancangan motor bensin dan perbaikan mutu bensin yang sangat difokuskan kepada penghematan penggunaan

bensin dan mengurangi pencemaran udara lingkungan akibat emisi gas buang mesin. Berdasarkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi ternyata bahwa menaikkan perbandingan kompresi dan perbaikan rancangan ruang bakar akan dapat menaikkan efisiensi termal asalkan mutu bensin dapat disesuaikan, sehingga meningkatnya efisiensi termal dapat langsung menaikkan kinerja mesin dan menghemat penggunaan bahan bakar mesin. Dalam hal ini kebutuhan angka okтана bensin harus sesuai dengan tingkat perbandingan kompresi mesin yang dirancang.

Pemerintah melalui Lembaga Penelitian LEMIGAS telah melakukan studi dan kajian mengenai kebutuhan angka okтана di Indonesia, yaitu sekitar tahun 1976 dan 1983 yang hasilnya cukup memberikan data sebagai pedoman dalam usaha pemerintah menetapkan spesifikasi bensin yang sesuai dengan kebutuhan mesin dari kendaraan bermotor di Indonesia.

Masalah pencemaran udara di beberapa kota besar di Indonesia telah menunjukkan kondisi yang menuntut adanya perhatian secara lebih serius dari semua pihak. Dari hasil pengukuran kualitas udara di wilayah DKI Jakarta terlihat adanya beberapa daerah yang pencemarannya berada di atas ambang batas yang diizinkan. Hasil penelitian tersebut juga telah memberikan indikasi bahwa sebagai penyebab utama adalah gas buang kendaraan bermotor.. Akhirnya pemerintah menetapkan bahwa pada tanggal 1 Juli 2001 Jakarta dan sekitarnya akan dipasarkan bensin tanpa timbal dan pada tahun 2003 seluruh Indonesia akan menggunakan bensin tanpa timbal juga.

Usaha-usaha penelitian telah dilakukan oleh PPPTMGB "LEMIGAS" mengenai penggunaan oksigenat seperti etanol, metanol, oxinol 50 dan MTBE dalam rangka usaha menaikkan angka oktana dan mengurangi serta menghilangkan kadar Pb dalam bensin yang kemudian ditetapkan juga bahwa MTBE dapat digunakan sebagai komponen campuran oktana tinggi (*high octane component*, HOC) yang paling sesuai. Namun usaha-usaha peningkatan mutu bensin terus dilakukan melalui penelitian-penelitian yang dilaksanakan oleh LEMIGAS antara lain penggunaan HOC sebagai komponen bensin.

Di samping itu sebagai bahan bakar alternatif, pemerintah melalui lembaga penelitian juga sedang berusaha melaksanakan penelitian meningkatkan angka oktana bensin tanpa timbal dengan menggunakan metalic antiknock aditif seperti Plutacen G dan MMT terhadap mesin.

2. Pengaruh Perbandingan Kompresi Mesin Terhadap Kinerja dan Hemat Bahan Bakar

Untuk menggerakkan dan menjalankan mesin diperlukan energi mekanik yang merupakan tekanan gas

yang diperoleh energi panas dari proses pembakaran dalam ruang bakar mesin. Timbulnya energi panas adalah akibat bercampurnya bahan bakar dengan udara dalam karburator dan terhisap masuk ke dalam ruang bakar dan selanjutnya terjadilah reaksi pembakaran yang menghasilkan energi panas karena adanya cetusan bunga api listrik pada dua elektrode busi. Pada posisi piston mendekati titik mati atas, TMA, (5-10) maka terjadilah penyalan pada elektrode busi sehingga menimbulkan perambatan nyala (*flame front*) sampai menyebar ke bagian terujung ruang bakar sehingga tekanan gas panas yang timbul dari hasil pembakaran menekan piston kembali ke bawah, sedangkan sisa gas pembakaran tersebut terdesak ke luar melalui katup buang (*outlet valve*).

Kinerja mesin dapat ditingkatkan dengan menaikkan perbandingan kompresi mesin. Secara teori hal ini dapat dibuktikan dengan teori dasar termodinamika yaitu efisiensi termal adalah:

$$\eta_T = 1 - \frac{1}{r^{n-1}}$$

Kenaikan perbandingan kompresi (r_c) langsung meningkatkan efisiensi termal, sedangkan daya mesin (P) tergantung pada efisiensi termal.

Di samping itu konsumsi pemakaian bahan bakar juga tergantung pada efisiensi termal. Meningkatnya efisiensi termal langsung menghemat pemakaian bahan bakar. Perbandingan kompresi tentu saja tidak boleh terlalu tinggi karena akan mengakibatkan terlalu tingginya temperatur dan tekanan pada saat langkah akhir kompresi, jika menggunakan bahan bakar bensin yang angka oktanya sesuai akan terhindar dari terjadinya peristiwa detonasi (*knocking*) dalam ruang bakar mesin. Pengaruh efisiensi termal yang tinggi langsung menaikkan kinerja mesin dan dapat menghemat pemakaian bahan bakarnya.

Di samping itu perbandingan kompresi akan berpengaruh terhadap kinerja mesin, namun tingginya perbandingan kompresi ini terbatas karena logam mempunyai kekuatan tertentu terhadap tekanan dan temperatur, hal ini disebabkan karena setiap logam harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Semenjak pertengahan abad ke-20 telah terjadi perubahan perbandingan kompresi di negara-negara industri yang cenderung meningkat.

Di Jepang ternyata tidak terlihat peningkatan perbandingan kompresi dari tahun 1975 sampai sekarang. Hal ini disebabkan karena terbatasnya kemampuan usaha peningkatan angka oktana bensin oleh pengilangan minyak di Jepang dan juga didasarkan pada pencemaran udara lingkungan.

Di Amerika Serikat ternyata peningkatan perbandingan kompresi sejak 1970 kelihatannya menurun secara drastis sampai di bawah 9:1 yang kemudian menaik lagi. Hal ini disebabkan karena upaya mengurangi kadar Pb dalam bensin yang bertujuan untuk mengurangi pencemaran udara akibat emisi gas buang mesin.

Proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar dapat mengalami empat bentuk peristiwa antara lain:

- pembakaran normal
- pembakaran tidak normal
- pembakaran tidak sempurna
- pembakaran sempurna.

Keempat peristiwa pembakaran sebagian besar tergantung dari mutu bahan bakar, kondisi mesin dan desain mesin. Dari hasil penelitian ternyata bahwa penurunan satu tingkat perbandingan kompresi dapat menurunkan daya mesin sebanyak 3% dan meningkatnya pemborosan pemakaian bahan bakar sekitar 7%.

Kelompok Peneliti Aplikasi Bahan Bakar LEMIGAS telah melakukan penelitian mengenai pengaruh perbandingan kompresi terhadap kinerja mesin dan jumlah

pemakaian bahan bakar, sebagaimana terlihat pada Tabel 1 dan 2.

3. Pengaruh Kebutuhan Angka Oktana Bensin Terhadap Kerusakan, Kinerja Dan Hemat Bahan Bakar

Kebutuhan angka oktana bensin memegang peranan penting dalam usaha terjadinya pembakaran normal. Jika kebutuhan angka oktana bensin tidak sesuai dengan perbandingan kompresi akan terjadi peristiwa detonasi atau pembakaran tidak normal.

3.1 Pembakaran Normal

Terjadinya pembakaran normal pada motor bensin, jika penyalaan dimulai dari cetusan bunga api listrik pada dua elektrode busi yang seterusnya pembakaran tersebut merambat secara teratur mengikuti *flame front* sampai ke tempat terujung dari ruang bakar. Proses pembakaran yang ideal ini tidak selalu berhasil sepenuhnya, pada umumnya kegagalan proses pembakaran terjadi pada putaran rendah atau beban penuh. Pembakaran normal akan menghasilkan daya yang optimal dan hemat energi bahan bakar. Peristiwa ini hanya dapat terjadi jika angka oktana bensin sesuai dengan kebutuhan perbandingan kompresi mesin.

Kenaikan tekanan akibat pembakaran selalu dalam kondisi merata, sehingga tercapai kerja yang optimal.

Pada kondisi tersebut terlihat penyalaan yang berasal dari busi dalam ruang bakar mesin merambat secara merata ke ujung ruang bakar dan semua bensin terbakar dengan sempurna.

3.2 Pembakaran Tidak Normal

Segera setelah penyalaan terjadi pada gas dari campuran udara dan bensin oleh busi, maka seterusnya proses pembakaran merambat secara beruntun membentuk lapisan per lapisan dengan kecepatan yang relatif rendah. *Flame front* memisahkan pada setiap saat massa gas menjadi dua

bagian yaitu di sebelah belakang gas yang sudah terbakar dan di bagian depan gas yang belum terbakar yaitu gas ringan yang belum terbakar ditekan oleh gerakan torak sehingga suhu gas yang belum terbakar ini akan naik dengan cepat dan mungkin tercapai temperatur pembakaran sendiri disebabkan perbandingan kompresi yang tinggi, sehingga terjadilah pembakaran seketika yang dapat menimbulkan ketukan dalam ruang bakar mesin, peristiwa ini disebut detonasi. Hal ini dapat terjadi jika angka oktana bensin tidak sesuai dengan perbandingan kompresi mesin atau akibat adanya sisa-sisa karbon yang belum terbakar yang kemudian terbakar sendiri dalam ruang bakar.

Kenaikan tekanan tidak merata akibat pembakaran yang tidak normal yaitu terjadinya perubahan tekanan yang mendadak naik tinggi dan turun secara tajam, mengakibatkan perubahan temperatur yang sangat tinggi, sehingga terjadi letupan penyalaan di ruang bakar. Ledakan ini dikenal dengan nama detonasi yang terjadi pada pembakaran tidak normal.

Bensin dengan angka oktana yang rendah memiliki temperatur pembakaran sendiri yang cukup rendah sehingga pada suhu tinggi akan memungkinkan terjadinya pembakaran seketika (detonasi). Bilamana waktu pembakaran gas tersebut singkat dan lapisan terakhir menyala sendiri sebelum *flame front* sampai, maka terjadi pembakaran tidak normal yang dikenal dengan peristiwa detonasi atau ketukan dalam ruang mesin.

Mesin yang telah berjalan lebih dari 10.000 km mungkin menimbulkan endapan karbon yang dapat sewaktu-waktu terbakar sendiri sehingga kebutuhan angka oktana meningkat yang disebut ORI (*Octane Requirement Increase*). Pembakaran tidak normal akan menurunkan kinerja sehingga penggunaan bahan bakar lebih boros dalam waktu tertentu, di samping itu dapat menurunkan daya mesin.

Bila massa gas tersebut tidak terbakar sendiri akibat temperatur tinggi maka peristiwa ini kita namakan pembakaran normal pada motor bensin. Peristiwa ketukan ini menyebabkan timbulnya *flame front* baru yang merambat dengan kecepatan tinggi menghasilkan tekanan lokal yang tinggi disertai dengan gelombang tekanan yang tidak teratur.

Hal inilah yang menyebabkan ketukan dalam silinder mesin yakni suatu bunyi khusus akibat proses pembakaran yang tidak normal. Sedangkan angka oktana suatu bensin menyatakan kemampuan bahan bakar bensin tersebut untuk bertahan terhadap timbulnya proses pembakaran seketika atau terhadap timbulnya peristiwa ketukan dalam ruang bakar bensin. Kejadian peristiwa ketukan tersebut dianggap suatu masalah dalam proses pembakaran yang harus dihindari.

Hal lain yang tidak diinginkan jika terjadi ketukan adalah ketukan yang terlalu keras dapat merusak komponen mesin dalam ruang bakar terutama timbulnya kerusakan pada piston dan silinder mesin. Pengaturan penyalaan pendahuluan (saat awal penyalaan) dapat juga menghindari terjadinya detonasi. Bila dipakai bensin dengan angka oktana yang terlalu rendah pada mesin yang memiliki perbandingan kompresi yang tinggi dipastikan terjadi peristiwa ketukan.

Dari hasil penelitian ternyata bahwa peningkatan 1 unit perbandingan kompresi meningkatkan kebutuhan angka oktana sebesar 5,6 RON (angka oktana riset, *research octane number*) dan kekurangan satu angka oktana di bawah kebutuhan mesin dapat menambah pemakaian bahan bakar sebanyak 1,3%.

4. Pengaruh Mutu Bensin Terhadap Mesin

Tingkat mutu bensin ditentukan oleh sifat mutu nyala (angka oktana) dan sifat lainnya, seperti sifat daya penguapan (volatilitas), stabilitas dan

korosivitas, sehingga kualitas bensin tergantung pada komposisi kimia hasil pencampuran komponen bensin seperti polygasoline, RCC, reformate, alkylate dan isomerase, serta aditif yang ditambahkan ke dalam bensin. Beberapa komponen bensin dan aditif dapat dicampurkan dengan sistem prosentase volume/massa atau kadar tertentu untuk memperoleh mutu yang lebih baik dan ekonomis. Untuk mendapatkan tingkat campuran yang optimal dari komponen-komponen bensin dan penambahan aditif seperti antioksidan dan deterjen, aditif, beberapa unit proses pengilangan perlu disediakan, yang secara garis besar dapat digolongkan dalam empat bentuk kegiatan yaitu: pengolahan, *treating*, pembauran (*blending*) dan peningkatan mutu (*upgrading*).

Pembuatan bensin untuk mesin haruslah didasarkan pada prinsip-prinsip pendistribusian yang merata di seluruh trayek didih. Hal ini terutama untuk menjaga agar tidak terjadi perbedaan mutu bensin di setiap silinder mesin, sehingga tidak akan terjadi pembakaran yang tidak sempurna dan tidak normal dalam ruang bakar mesin pada segala kondisi operasi seperti *cold starting*, *warming up* dan operasi normal. Di samping itu diperlukan juga penambahan macam-macam aditif yang bertujuan untuk meningkatkan mutunya agar sesuai dengan kebutuhan mesin dan ramah terhadap lingkungan (*clear octane*). Dalam hal ini perlu diperhatikan perubahan sifat fisika, kimia dan angka oktana bensin dan kadar Pb, kadar aromatik, kadar olefin, dan kadar benzena terhadap pemakaiannya pada motor bensin, agar diperoleh kinerja yang optimal dan upaya-upaya untuk menghindari peningkatan biaya pemeliharaan dan timbulnya zat-zat racun seperti HC, NO_x, CO dan Pb dalam emisi gas buang mesin.

Di setiap negara ditetapkan tingkat mutu bensin dengan spesifikasi yang didasarkan atas tinjauan kondisi

lingkungan, biaya produksi, kemampuan pengilangan, konstruksi mesin dan segi ekonomi. Kadar olefin dalam bensin diberbagai negara dan di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 7.

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan di LEMIGAS diperlihatkan pada Tabel 4 ternyata pemakaian bensin yang berangka oktana lebih tinggi pada kendaraan bermotor Toyota Kijang dapat meningkatkan daya mesin. Umpamanya penggunaan angka oktana bensin 88,8 RON diperoleh daya 25,7 kW, sedangkan untuk angka oktana bensin yang lebih tinggi 91,5 dan diperoleh daya 27,6 kW, jadi diperoleh kenaikan daya sebesar $26,7 - 25,7 = 1$ kW.

Pada Tabel 3 memperlihatkan peningkatan jarak tempuh yang dapat dicapai akibat peningkatan angka oktana bensin. Untuk pemakaian 3 liter bensin dengan angka oktana 91,5 dengan kecepatan 70 km/jam dapat mencapai jarak tempuh 34,5 km, sedangkan angka oktana yang lebih rendah 87,4 RON dengan 3 liter bensin dan kecepatan 70 km/jam hanya mencapai jarak tempuh 27,7 km. Jadi berarti dengan 3 liter bensin dan kecepatan rata-rata 70 km/jam dengan menaikkan angka oktana 4,1 RON dapat meningkatkan jarak tempuh lebih tinggi sebesar $34,5 - 27,7 = 6,8$ km.

Pada Tabel 5 diperlihatkan pengaruh angka oktana bensin terhadap konsumsi bensin dengan berbagai kecepatan.

Seperti yang terlihat pada Tabel 5, konsumsi bahan bakar menurun dengan meningkatnya angka oktana bensin yang dipakai pada kendaraan bermotor. Penggunaan bensin dengan angka oktana 88 TON dengan kecepatan 90 km/jam dengan jarak tempuh 100 km dibutuhkan bensin sebanyak 11,5 liter sedangkan penggunaan bensin dengan angka oktana lebih tinggi 91,5 RON dibutuhkan hanya 9,6 liter, jadi penghematan pemakaian bensin adalah sekitar $11,5 - 9,6 = 1,9$ liter dengan

jarak tempuh 100 km (2 liter/100 km).

5. Usaha Perbaikan Angka Oktana Bensin

Didasarkan atas Laporan hasil Studi LEMIGAS mengenai Kebutuhan Angka Oktana untuk Populasi Kendaraan Bermotor di Indonesia, maka timbullah usaha perbaikan angka oktana bensin tanpa menggunakan timbal (Pb) sebagai aditif antiketuk.

Dari hasil studi yang telah dilakukan ternyata bahwa untuk 50% memuaskan bagi populasi kendaraan bermotor di Indonesia menunjukkan kebutuhan angka oktana lebih kurang 91 RON dan untuk 95% memuaskan menunjukkan angka lebih kurang 96 RON.

Dari hasil penelitian di Kelompok Penelitian Aplikasi Bahan bakar Minyak LEMIGAS ternyata dengan menggunakan MTBE atau Oxinol 50 dalam bensin terlihat adanya kenaikan angka oktana yang cukup tajam.

Umumnya dengan menggunakan 10% MTBE dapat menaikkan angka oktana sekitar 3,4 RON sedangkan dengan menggunakan 10% Oxinol 50 dalam bensin dapat menaikkan lebih tinggi sekitar kurang lebih 3,5 RON, seperti terlihat pada Tabel 6.

Perbaikan angka oktana dengan menggunakan komponen reformat (HOMC) menunjukkan hasil yang lebih memuaskan. Dengan menggunakan 17% reformat, 8% alkilat dan 10% MTBE dalam bensin 89,3 RON dapat mencapai kenaikan angka oktana sebesar 94,1 RON seperti terlihat pada Tabel 6.

Dalam upaya mengurangi kadar olefin dalam bensin kita akan berupaya melakukan penelitian penggunaan metalik antiknock aditif yang tidak beracun seperti Ferrocen dan MMT sebagai alternatif untuk meningkatkan angka oktana. Rumus kima dari Ferrocen, MMT dan TEL dapat dilihat dalam Tabel 8.

6. Pengaruh Timbal (Pb) Dalam Bensin Terhadap Tingkat Pencemaran Udara

Bahan bakar minyak (BBM) masih akan memegang peranan penting sebagai bahan bakar untuk mesin dalam waktu yang cukup lama lagi, sedangkan dalam pemakaiannya harus memperhitungkan dampaknya terhadap lingkungan hidup. Adapun dampak yang negatif tersebut ialah hasil sampingan yang berupa emisi gas buang beracun, yang dapat berpengaruh terhadap tingkat pencemaran lingkungan udara sekitarnya.

Indikasi terhadap kemungkinan kendaraan bermotor sebagai penyebab utama menurunnya kualitas udara di kota-kota besar telah diperkuat oleh hasil penelitian yang dilakukan di Amerika Serikat pada tahun 1969. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa lebih dari 50% penyebab pencemaran udara adalah berasal dari sektor transportasi:

- CO	115,5 juta ton
- HC	19,8 juta ton
- NOx	11,2 juta ton
- SOx	1,1 juta ton
- Partikulat	0,8 juta ton.

Jumlah populasi udara dari sektor transportasi tersebut jauh di atas yang ditimbulkan oleh industri yang hanya sebesar 89,6 juta ton. Sedangkan pencemaran lainnya yang lebih beracun adalah zat timah hitam (Pb) yang berasal dari bahan bakar bensin yang digunakan oleh kendaraan bermotor.

Tetra ethyl lead (TEL) yang mengandung timah hitam (Pb) adalah sebagai aditif antiketuk yang digunakan untuk menaikkan angka okтана bensin. Sedangkan bensin Premium dan Premix yang di pasaran Indonesia masih mengandung maksimum 0,30 gr/l Pb.

Teknologi kendaraan bermotor sekarang ini telah menggunakan alat

katalis oksidasi *catalytic converter* atau *tree way catalysts* (TWC) yang dipasang pada knalpot yang telah dipakai di beberapa negara. Alat ini dapat merubah senyawa CO, HC, dan NOx dalam gas buang menjadi CO₂, N₂ dan H₂O, sehingga dapat mengurangi zat racun CO, HO dan NOx dalam gas buang. Tetapi alat ini tidak akan berfungsi jika bensin yang digunakan mengandung timbal (Pb). Sedangkan Pb sangat efektif sebagai aditif antiketuk untuk menaikkan nilai angka okтана bensin.

Di tiap-tiap negara di dunia, pemakaian timah hitam (Pb) dalam bensin berbeda-beda, yang ditetapkan berdasarkan masing-masing spesifikasi yang berlaku, bahkan beberapa negara seperti Amerika Serikat, Jepang dan Eropa sebagian besar produksi bensinnya tidak mengandung Pb (*un-leaded gasoline*).

Kandungan aromatik dan benzena dalam bensin dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat, kandungan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penyakit kanker pada manusia, sedangkan kadar olefin dalam bensin sangat berpengaruh terhadap operasi mesin dan biaya pemeliharaan mesin. Kandungan lefin yang terlalu tinggi dalam bensin akan menimbulkan gum yang dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pada *intake fuel system* seperti filter, pompa bensin dan karburator. Kandungan kadar olefin bensin produksi Pertamina dan bensin di beberapa negara dapat dilihat pada Tabel 7. Mutu bensin yang rendah akan menyebabkan timbulnya deposit dalam ruang bakar mesin sehingga mengganggu kerja mesin, kinerja mesin dan konsumsi bahan bakar serta juga meningkatkan emisi gas buang. Mutu bensin tergantung pada komponen bensin yang dicampurkan dan mutu aditif yang ditambahkan pada proses produksi bensin di kilang minyak.

7. Pengaruh Timbal Dalam Bensin Terhadap Kesehatan Dan Udara Lingkungan

Timbal (Pb) sering menjadi pokok atau bahkan satu-satunya topik diskusi mengenai polusi udara. Meskipun sudah menjadi persoalan masa lalu di banyak negara, termasuk di beberapa negara ASEAN, namun di Indonesia masih merupakan masalah hangat yang belum teratasi. Hampir semua kasus keracunan timbal pada manusia berasal dari pernafasan dan termakannya partikulat yang mengandung metal berat tersebut. Emisi timbal kendaraan dapat berbentuk elemen Pb, oksida-oksida timbal (PbO, PbO₂, Pb₃O₄), timbal sulfat dan sulfida (PbSO₄, PbS) alkil timbal yaitu TEL (Pb (CH₃)₄), TML (Pb (C₂H₅)₄) dan timbal halida. Penelitian klinis, epidemiologis dan toksikologis menunjukkan pengaruh senyawa-senyawa timbal memang sangat buruk terhadap kesehatan manusia. Tiga sistem dalam tubuh manusia yang paling sensitif terhadap pengaruh racun timbal adalah sistem syaraf, sistem pembentuk darah dan sistem renal (ginjal). Selain itu akan terjadi gangguan juga pada fungsi-fungsi pencernaan, sistem kekebalan, sistem reproduksi, jantung dan pembuluh darah (kardiovaskuler), kelenjar buntu (endokrin) dan hati. Pada anak-anak, kadar Pb darah 0.8 sampai 1.0 ug/liter sudah dapat melumpuhkan sistem enzim dan dapat menyebabkan penurunan IQ (*Intelligent Quant*), gangguan mental dan terhambatnya perkembangan anak. Bayi dalam kandungan dan yang masih menyusui juga dapat keracunan timbal melalui plasenta dan air susu ibu yang darahnya tercemar. Mengingat dampaknya yang begitu serius terhadap kesehatan masyarakat banyak dan masa depan penerus bangsa, manfaat penghapusan timbal dalam bensin tidak dapat dibandingkan nilainya dengan penambahan biaya impor HOMC yang diperlukan untuk pengadaan bensin

bebas timbal. Lagipula, penghapusan timbal dalam bensin merupakan prasyarat pemakaian *three-way catalytic converter* untuk mengurangi emisi NOx, CO dan hidrokarbon.

Telah kita ketahui bahwa pengotoran karena deposit pada seluruh sistem induksi dan ruang bakar disebabkan terutama oleh komponen hidrokarbon, olefin dan aromatik yang memiliki ikatan karbon tak jenuh serta bersifat reaktif. Jenis-jenis HOMC (*High Octane Mogas Component*) yang banyak diproduksi di Indonesia yaitu reformat, polimer gasolin, RCC gasolin justru tinggi sekali kadar olefin dan aromatik. Meskipun berangka oktana tinggi, jenis-jenis HOMC tersebut buruk dampaknya terhadap kinerja mesin dan kebersihan udara. Bersama dengan TEL jenis-jenis HOMC tersebut termasuk kelompok "*dirty octane*" karena dengan penggunaannya berakibat mengotori mesin dan lingkungan sehingga operasi mesin terganggu dan emisi gas buang meningkat. Karena itu, tingkat angka oktana sebaiknya tidak berlebihan. Perlunya penetapan angka oktana yang optimal karena pada umumnya peningkatan oktana berarti peningkatan pencemaran, kecuali bila HOMC yang dipakai adalah isomerat dan alkilat.

Penghapusan TEL dan pengurangan *dirty octane* adalah program yang mendasari "*reformulated gasoline*" seperti yang diadakan di Amerika Serikat dan negara-negara lain yang secara ketat untuk pengendalian mutu udaranya. Untuk memenuhi kebutuhan oktana sebagai akibat penghapusan TEL dan pengurangan komponen-komponen olefin dan aromatik, telah banyak digunakan oksigenat (MTBE dan ETBE) dengan batasan kadar oksigen maksimum 2,7% berat. Selain itu juga digunakan HOMC dari jenis-jenis alkilat dan isomerat yang lebih stabil dan bersih untuk mesin, proses pembakaran yang sempurna dan kualitas udara lingkungan. Sangat

penting dalam program me-reformulasi bensin. Sangat penting dalam program me-reformulasi bensin adalah penggunaan aditif deterjen. Penambahan aditif merupakan keharusan untuk menjamin kebersihan dan kinerja mesin serta perbaikan mutu udara. Di Amerika Serikat, penggunaan aditif deterjen diatur oleh undang-undang dan dikendalikan secara ketat. Sedangkan MTBE yang sudah dipakai sekitar 20 tahun, kini sedang dikaji ulang berhubung masalah pencemaran.

Bila langkah-langkah perbaikan mutu bahan bakar seperti pengurangan kadar belerang pada solar, penghapusan TEL, pengurangan olefin dan aromatik, penambahan oksigenat, isomerat dan alkilat pada bensin, semuanya tergantung pada kemampuan dan kebijaksanaan produsen bahan bakar, tidaklah demikian dengan penambahan aditif deterjen. Biasanya penambahan aditif di kilang dilakukan dengan dosis minimum sedang penambahan aditif oleh para pemilik kendaraan dapat memanfaatkan dosis maksimal untuk mencapai hasil pembersihan yang optimal. Dosis tinggi sebagai "*shock treatment*" yang dilakukan secara berkala, misalnya setiap 5000 km, dapat lebih menjamin kebersihan mesin terutama bila bensin atau solar kita masih banyak mengandung komponen yang mudah menimbulkan deposit dan pencampuran bensin ilegal masih sering terjadi. Penambahan aditif sendiri oleh para konsumen mutlak diperlukan apabila bahan bakar (bensin atau solar) yang digunakan belum diberi aditif di kilang. Bagaimanapun juga, perbaikan mutu udara bukan hanya tanggung jawab industri minyak dan otomotif, tetapi juga industri-industri lain dan kita semua sebagai konsumen. Pengertian penting yang sebaiknya dipahami oleh masyarakat adalah kesehatan kita sangat tergantung pada kebersihan udara yang setiap saat berhubungan langsung dengan paru-paru dan masuk dalam aliran darah kita. Kebersihan

udara sebaiknya banyak tergantung pada emisi penguapan dan emisi gas buang kendaraan. Emisi kendaraan yang bersih sebagian besar tergantung pula pada kualitas proses pembakaran dan kebersihan mesin, terutama sistem induksi dan ruang bakar. Untuk mencapai kebersihan itu, harus diupayakan pemakaian semaksimal mungkin komponen-komponen bahan bakar yang bersih untuk menggantikan komponen-komponen yang kotor dan akhirnya, perlu penambahan aditif yang efektif untuk menjamin kinerja mesin serta memperbaiki mutu emisi dan mutu udara.

8. Kesimpulan

Dari hasil studi dan penelitian sebelumnya dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Angka oktana bensin yang terendah harus ditingkatkan secara bertahap berdasarkan atas kemampuan kilang minyak dan biaya produksi agar sesuai dengan kebutuhan angka oktana kendaraan bermotor di Indonesia.
2. Pelaksanaan penerapan bensin tanpa timbal sebaiknya dilakukan secara bertahap sesuai dengan kemampuan kilang minyak dan biaya produksi artinya perlu adanya masa transisi dan dapat ditemukan di semua tempat di Pulau Jawa dan Sumatra.
3. Agar pemanfaatan bensin tanpa timbal lebih efektif, harus diikuti dengan pemakaian *catalytic converter* yang dipasang pada kendaraan bermotor.
4. Dalam rangka mensukseskan program langit biru dan mengurangi biaya pemeliharaan mesin harus dipertimbangkan untuk menetapkan spesifikasi bensin tanpa timbal dengan membatasi kandungan olefin, aromatik dan benzena secara bertahap sesuai dengan kemampuan kilang minyak dan biaya produksi.
5. Pelaksanaan penelitian untuk menetapkan spesifikasi bahan bakar

bensin harus mempertimbangkan biaya produksi dan harga, kemampuan kilang minyak di Indonesia, segi ekonomi dan dampaknya terhadap penggunaan oleh masyarakat konsumen antara lain kualitas udara lingkungan yang disebabkan oleh emisi gas buang, hemat bahan bakar, kinerja mesin, biaya pemeliharaan dan umur mesin.

6. Penetapan spesifikasi bahan bakar bensin tanpa timbal dan bertimbal

oleh Pemerintah haruslah didasarkan dari hasil penelitian oleh lembaga penelitian pemerintah yang dipercaya.

7. Sangat diperlukan pengawasan bensin tanpa timbal yang dipasarkan, secara sungguh-sungguh dan terus menerus sesuai spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Pemerintah dalam upaya keberhasilan program langit biru di Indonesia.
8. Perlu dipertimbangkan lagi peng-

gunaan aditif sebagai pengungkit mutu bensin yang ditetapkan secara prioritas.

9. Dalam rangka upaya penghematan pemakaian bensin dan mengurangi pencemaran udara di Indonesia, sangat diperlukan prioritas dan pembatasan jumlah kendaraan bermotor yang beroperasi sebagai alat transportasi di Indonesia.

Table 1
Jumlah Produksi Bensin di Indonesia
(jutaan kl per tahun)

Grade of Gasoline	Year					Total Production of Gasoline (%)
	1995	1996	1997	1998	1999	
Leaded gasoline (Premium 88)	9,17	9,66	10,3	10,14	11,28	95,45
Leaded gasoline (Premix 94)			0,35	0,428	0,388	3,28
Unleaded gasoline (Super TT)			0,021	0,042	0,037	0,3
BB2L (For two stroke engine)			0,0065	0,047	0,11	0,9
Total production	9,17	9,66	10,7	10,66	11,8	

Tabel 2
Pengujian Pengaruh perbandingan Kompresi terhadap
Jumlah Pemakai Bahan Bakar dengan Kecepatan Rata-rata 90 km/jam

Jenis Kendaraan	Bahan bakar	Perbandingan Kompresi	Pemakaian Bahan Bakar
Daihatsu Classy 1990 (1300 cc)	Bensin 91,5 RON	9,5 : 1	12,7 km/liter
Mitsubishi Tros 1990 (1300 cc)	Bensin Premium 88 RON	9 : 1	9 km/liter

Tabel 3
Hasil Pengujian Pengaruh Angka Oktana
Terhadap Jarak Tempuh Kendaraan Toyota Kijang

Jenis Bensin	Jumlah Bahan Bakar (liter)	Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Jerak Tempuh (km)
Bensin Premium (87,4 RON)	3	70	27,7
Bensin (89,5 RON)	3	70	31
Bensin (91,5 RON)	3	70	34,5

Table 4
Pengaruh Angka Oktana Bensin terhadap Kinerja Mesin Kendaraan
Bermotor dengan Berbagai Kecepatan

No.	Grade of Octane Number Gasoline (RON)	Drive Speed					
		V = 40 km/hr		V = 70 km/hr		V = 90 km/hr	
		F (kp)	P (kW)	F (kp)	P (kW)	F (kp)	P (kW)
1.	88,8	130,6	14,5	124,3	24,5	100,5	25,7
2.	91,5	138,8	15,28	129,7	25,5	101,5	26,7
3.	94	149,2	16,54	133,6	26,16	108,4	27,6
4.	99	152,3	16,89	136,8	26,8	119,8	30,46

Type Kendaraan Bermotor: **Toyota Kijang**

Kebutuhan angka oktana : 91-93 RON
 96-99 RON

Pada Chasis Dynamometer

Table 5
Pengaruh Angka Oktana Bensin terhadap Jumlah Pemakaian
Bahan Bakar Bensin dengan Berbagai Kecepatan

No.	Grade of Octane Number Gasoline	Engine Speed		
		40 km/hrs	70 km/hrs	90 km/hrs
		Litre/100 km		
1.	88,8	9,6	9,8	11,5
2.	91,5	7,8	8,3	9,6
3.	94,2	6,7	7,4	9,8
4.	99,1	6,5	7,3	8,3

Type kendaraan: Toyota Kijang

Tabel 6
Pengaruh Penambahan HOMC ke dalam Campuran 10% MTBE dalam Bensin terhadap Kenaikan Angka Oktana

Bahan Bakar Premium	Angka Oktana (RON)
Bensin Premium	88,3
Premium 82% Reformat 0% MTBE 10% Alkilat 8%	92,7
Premium 76% Reformat 6% MTBE 10% Alkilat 8%	93,1
Premium 70% Reformat 12% MTBE 10% Alkilat 8%	93,7
Premium 65% Reformat 17% MTBE 10% Alkilat 8%	94,1

Tabel 8
Pengungkit Angka Oktana Bensin yang Mengandung Metallic

	Besi	Mangan	Timbal
Identifikasi Kimia	Dicyclo-pentadienyliron (Ferrocene)	Methylcyclo-pentadienyl Manganese Tricarbonyl (MMT)	Tetraethyl lead (TEL)
Rumus Kimia	$(C_5H_5)_2Fe$	$C_9H_7O_3Mn$	$(C_2H_5)_4Pb$

DAFTAR PUSTAKA

- Weissmann, J., *Fuels for Internal Combustion Engine and Furnace*, Jakarta, 1972.
- Unzelman, S.H. and Michalski G.W., *Octane Improvement Update Refinery Proecssing, Antiknocks and Oxygenates*, San Antonio, Texas, 1984.
- Present and Future Otomotive Fuels Performance and Exhaust Clarification, Edited by Osamu Hirao dan Richard K. Pefley, Copyright 1988 by John Wiley.
- Gasoline and Diesel Additive Edited by Owen K., Copyright 1989 by the Society of Chemical Industry.

Ir. Bustani Mustafa, M. Sc adalah Staff Ahli Peneliti Utama Kelompok BBM di PPTMGB Lemigas. Tulisan diatas disampaikan pada seminar sehari "Dilema Harga BBM: Antara Menghilangkan Subsidi dan Tuntutan Kualitas" yang diadakan oleh Pusat Studi Energi Universitas Gadjah Mada pada tanggal 25 Juni 2001 di Yogyakarta.